

УДК 631.362.35.+УДК 633.853.+УДК 631.31

№ держреєстрації 0111U002549

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
72312, м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18,  
ТЕЛ. (0619) 42-12-65

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор НДІ МЗНУ,  
чл.-кор. НААНУ, д.т.н., проф.  
*В.Т. Надикто*  
«*26*» *2017*р.



**ЗВІТ**  
**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**  
**ЗА 2017 р.**

п.п. 2. Розробка технологій і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства півдня України

Завідувач відділу *В.Т. Надикто* чл.-кор. НААНУ, д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії *С.В. Михайлов* д.т.н. Михайлов С.В.

2017 р.

Результати роботи розглянуті НТР  
Протокол № 3 від «*26-7-17*» 2017 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

Керівник підпрограми 2, д.т.н., професор кафедри МВЗ	Михайлов Є.В. (реферат, вступ, розділи 1, 2, висновки)
інженер	Задосна Н.О. (вступ, розділ 1)
аспірант	Афанасьєв О.О. (розділ 2)
студент 11 – МГ АІ	Мордарьов П.С. (розділ 2)
д.т.н., професор кафедри ТМ	Леженкін О.М. (вступ, розділ 3)
к.т.н.	Леженкін І.О. (розділ 3)
аспірант	Головльов В. А. (розділ 3)

## РЕФЕРАТ

Звіт з НДР: 46 сторінок, 15 рисунків, 3 таблиці, 43 посилання.

Об'єкти дослідження - технологічні процеси технічних засобів післязбиральної обробки зерна та олійної сировини соняшнику в умовах південних господарств України.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічних процесів післязбиральної обробки зерна (ПЗОЗ) та олійної сировини соняшнику.

Методи дослідження – теоретико-експериментальні із застосуванням елементів системного аналізу та теорії ймовірностей. Перевірка гіпотез і обробка експериментальних даних виконані за стандартними та розробленими програмами.

У даному звіті пропонуються:

- підвищення ефективності технології післязбиральної обробки насіння соняшнику;
- удосконалення технологічної схеми пневмосепаратора;
- результати дослідження експериментального робочого органу ворохоочисника в виробничих умовах.

ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА, ЗЕРНО, ОЛІЙНА СИРОВИНА  
СОНЯШНИКУ, СЕПАРАЦІЯ ОБЧІСАНОГО ВОРОХУ ПШЕНИЦІ.

## ЗМІСТ

Вступ	5
1 Підвищення ефективності технології післязбиральної обробки насіння соняшнику	6
2 Удосконалення технологічної схеми пневмосепаратора	19
3 Результати дослідження експериментального робочого органу ворохоочисника в виробничих умовах	30
Загальні висновки	39
Література	42

## ВСТУП

Технологія післязбиральної обробки насіння соняшнику – це складна функціональна система, яка надає багатогранний вплив на якість отриманого насіння і залежить від його фізико-механічних властивостей. Незадовільна якість насіння призводить до істотного зниження врожайності сільськогосподарської продукції, великим втратам посівного матеріалу [1, 2, 3].

На початковому етапі очищення найбільш часто розподіл складових вороху насіння соняшнику відбувається з урахуванням його натури, засміченості та аеродинамічних властивостей.

Високопродуктивні машини попереднього очищення зерна, як правило, використовують принцип поділу частинок на решетах і в повітряному потоці.

Існує проблема забезпечення якісної очистки олійної сировини соняшнику, що потребує провести дослідження щодо обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмосепараторів попередньої очистки олійної сировини соняшнику та зерна.

В Україні зерновиробництво є провідною галуззю сільського господарства, при цьому його технічне оснащення знаходиться на низькому рівні, і в першу чергу це стосується зернозбиральної техніки. Усунути ці недоліки має підставу мелітопольська наукова школа технології збирання рослин обчісування рослин на корені. Однак впровадження цієї технології стримується відсутністю технічних засобів сепарації обчісаного вороху, що підтверджує актуальність вищезначених проблем.

# 1 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

## Актуальність досліджень

Аналіз технологій очищення вороху насіння соняшнику дозволяє зробити висновок, що одним з важливих напрямків підвищення ефективності очищення є зниження втрат при прийомі, зберіганні, виділенні повноцінного насіння, олійних та інших домішок.

Найважливішою складовою частиною післязбиральної обробки є попереднє очищення вороху насіння соняшнику від різних домішок. Використання імпоротної збиральної техніки, вирощування нових сортів соняшнику істотно впливають на коригування відомих відомостей про властивості вороху насіння соняшнику.

Вивчення фізико-механічних характеристик компонентів насіння основної культури, засмічених і олійних домішок в значній мірі дають підстави і передумови до проектування машин, які забезпечують виконання агротехнічних вимог [3, 4, 5].

Підвищення ефективності післязбиральної обробки насіння соняшнику відбувається за рахунок обліку змін його фізико-механічних властивостей, запобігання травмування, ефективного використання технічних засобів, і подальшого використання відходів для виготовлення паливних матеріалів та технічної олії.

Багато робіт [6, 7, 8] присвячено розробці технологій післязбиральної обробки насіння соняшнику, але в них мало уваги приділяється взаємозв'язкам фізико-механічних властивостей і травмуванню насіння з показниками якості роботи технологічних ліній, що підтверджує актуальність проблеми.

## Мета досліджень

Підвищення ефективності післязбиральної обробки насіння соняшнику за рахунок обліку змін його фізико-механічних властивостей, травмування та ефективного використання технічних засобів.

## Програма досліджень

З метою підвищення ефективності післязбиральної обробки насіння соняшнику була визначена **програма** отримання статистичних характеристик:

- фракційного складу олійної сировини соняшнику;

- натури олійної сировини соняшнику;
- аеродинамічних властивостей олійної сировини соняшнику.

### **Методика досліджень**

Методикою дослідження визначалась якість вихідного матеріалу. Схему складання вихідного зразка виконували відповідно до ГОСТ 10852 - 86; ГОСТ 10854-88, визначали фракційний склад олійної сировини соняшнику відповідно ДСТУ 4694:2006. Тобто,

$M_{\text{нп}}$  – насіння повноцінне;

$m_{\text{од}}$  – олійні домішки (насіння щупле, подрібнене, травмоване, пошкоджене шкідниками);

$m_{\text{кд}}$  – крупні домішки (мінеральні і органічні домішки розмірами: довжиною 50 і більше мм і шириною 20 і більше мм.);

$m_{\text{лд}}$  – легкі домішки (лушпиння, суцвіття рослин та інше);

$m_{\text{пс}}$  – прохід з сита діаметром 3мм;

$m_{\text{сд}} = m_{\text{кд}} + m_{\text{пс}} + m_{\text{лд}}$  – сміттєві домішки.

Взяття проб здійснювалося у відповідності з методикою, вибірка становила 60 проб.

За результатами випробувань визначались математичне очікування  $m$ , максимальне  $m_{\text{max}}$  і мінімальне  $m_{\text{min}}$  значення сторонніх домішок,  $\sigma$  середньоквадратичне очікування, коефіцієнт варіації.

### **Результати дослідження фізико-механічних властивостей**

#### **олійної сировини соняшнику**

Важливе значення в процесі післязбиральної обробки насіння має його геометрична форма, розміри, щільність, насипна маса, сипучість, міцність оболонки, аеродинамічні властивості [9, 10, 11].

Відомі такі значення фізико-механічних і аеродинамічних властивостей насіння соняшнику [1, 2, 10, 11]:

- відносна щільність насіння,  $\text{г} / \text{см}^3$  – 0,651 ... 0,827;
- насипна щільність, (натура)  $\text{г} / \text{дм}^3$  – 330 ... 470;
- абсолютна маса 1000 насінин,  $\text{г}$  – 40 ... 100;
- шпариність, % – 42 ... 60;
- критична швидкість,  $\text{м} / \text{с}$  – 3,2 ... 8,9;
- коефіцієнт парусності,  $\text{м}^{-1}$  – 0,24 ... 0,29.

Найбільш важливими показниками олійної сировини соняшнику нами визначені фракційний склад, натура та аеродинамічні властивості.

### Фракційний склад олійної сировини соняшнику

В результаті проведених лабораторно-виробничих досліджень на агропідприємствах Запорізької області були вивчені якісні показники соняшнику. Взяття проб у відповідності до методики здійснювалась з 60 автомашин з серпня по жовтень 2017 року.

Результати досліджень показників якості насіння наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1

Відомість результатів лабораторних досліджень статистичних характеристик олійної сировини насіння соняшнику

№ п/п	Насіння повноцінні $M_{np}, \%$	Олійна домішка $m_{од}, \%$	Крупна сміттева домішка $m_{кд}, \%$	Прохід через сито $\varnothing 3\text{мм}$ $m_{пс}, \%$	Легка домішка $m_{лд}, \%$	Сміттева домішка $m_{сд}, \%$ $m_{кд}+m_{пс}+m_{лд}$	Чистота $Z, \%$
m	<b>88,360</b>	<b>4,355</b>	2,99	4,231	0,064	<b>7,285</b>	<b>92,715</b>
min	<b>68,7</b>	<b>0,76</b>	0,76	0,3	0,010	<b>2,1</b>	<b>84,6</b>
max	<b>96,8</b>	<b>11,27</b>	6,0	19,13	0,150	<b>22,48</b>	<b>97,1</b>
$\sigma$	5,07	2,37	1,75	3,198	0,039	3,778	3,778
v	5,73	54,41	58,496	75,597	59,47	52,208	4,073

В результаті проведених лабораторно-виробничих досліджень були вивчені якісні показники олійної сировини соняшнику.

Аналізуючи склад олійної сировини соняшнику, можна зробити висновок, що математичне очікування по чистоті вихідного матеріалу становить – 92,715%.

З аналізу загальної кількості домішок (11,64%), що містяться в насінні соняшнику, олійної домішки в матеріалі – 37,25%, крупної сміттевої домішки – 25,7%, проходу через сито  $\varnothing 3\text{мм}$  – 36,5%, легких домішок – 0,55%. Наявність великої кількості великих домішок в сировині вимагає установку в технологічній лінії машин попереднього очищення.



## Натура олійної сировини соняшнику

Натура визначається як показник якості насіння соняшнику. Проведені дослідження показали взаємозв'язок натури насіння з виходом олії, його якістю та іншими технологічними властивостями.

Крім сортових особливостей, натура істотно залежить від вологості насіння, а також від засміченості. Натура знижується з підвищенням вологості, що може бути пояснено значним набуханням насіння та збільшенням з цієї причини шпаринисті насінневої маси. З підвищенням смітєвих домішок натура також зменшується.

Дослідження показали, що у соняшнику масова і об'ємна частка лушпиння щодо ядра істотна, а фізична щільність її в 5-6 разів нижче фізичної щільності ядра, і це пояснює те, що збільшення крупності насіння і маси 1000 шт. насіння призводить до зниження натури через більшу частину лушпиння в великому насінні [4].

Останнім часом культивуються ранньостиглі сортові та гібридні насіння соняшнику з високою олійністю. У нових сортів соняшнику значно змінився склад ядра насіння – змінилося співвідношення жирової і нежирової частин ядра, що знижує стійкість насіння при зберіганні. Насіння соняшнику, хоча і стали дрібніше, однак більш олійних і менш лушпинні. Все це вплинуло на зміну натури олійної сировини соняшнику.

Розглянемо якість насіння соняшнику по натурі [12, 13], що надходить на переробні підприємства Запорізької області (рис.1.1).

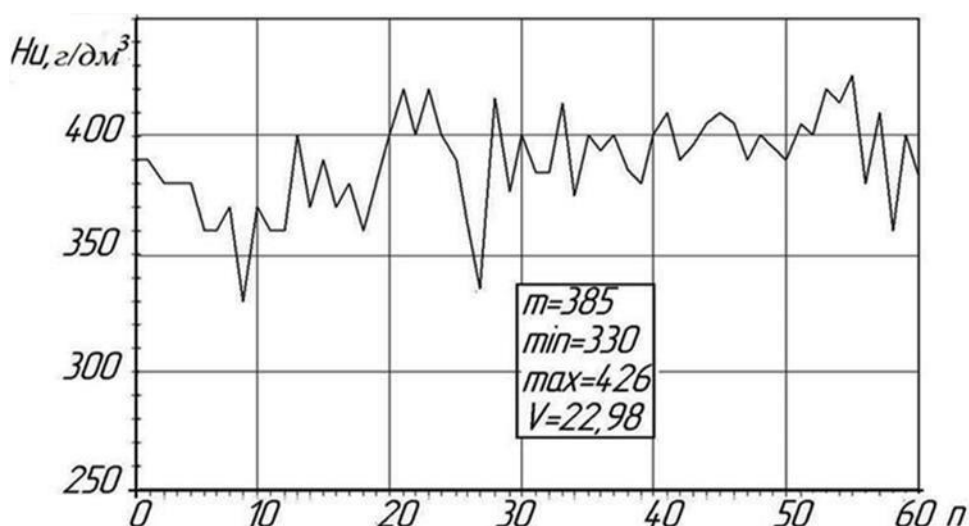


Рисунок 1.1 – Якість насіння соняшнику по натурі

Якісні характеристики насіння соняшнику по натурі представлені такими статистичними даними: математичне очікування склало  $m = 385$  г/дм<sup>3</sup>; мінімальне і максимальне значення, відповідно –  $\text{min} = 330$  г/дм<sup>3</sup>;

$\max = 426 \text{ г/дм}^3$ ; коефіцієнт варіації –  $v = 22,98\%$ .

Отримані числові характеристики по натурі насіння соняшнику, дозволяють стверджувати, що якість олійної сировини соняшнику за останні 25-30 років змінилося (за відомими даними воно знаходилося в межах –  $330 \dots 470 \text{ г/дм}^3$ ). Це вносить зміни в розрахунок продуктивності обладнання, обґрунтування ємностей відділень тимчасового прийому і зберігання насіння, розрахунок параметрів робочих органів технологічних ліній.

### Аеродинамічні властивості олійної сировини соняшнику

На початковому етапі очищення найбільш часто поділ складових вороху насіння соняшнику відбувається з урахуванням його аеродинамічних властивостей. Швидкість повітря, при якій насіння знаходяться в стійкому підвішеному стані, залежить від абсолютної маси, розмірів насіння і знаходиться в межах  $3,2 - 8,9 \text{ мс}^{-1}$  [10, 11]. Однак властивості насіння соняшнику за останні 25-30 років змінилися і математичне очікування критичної швидкості витання за нашими даними знаходиться в межах  $4,124 - 6,659 \text{ мс}^{-1}$  (рис. 1.2).

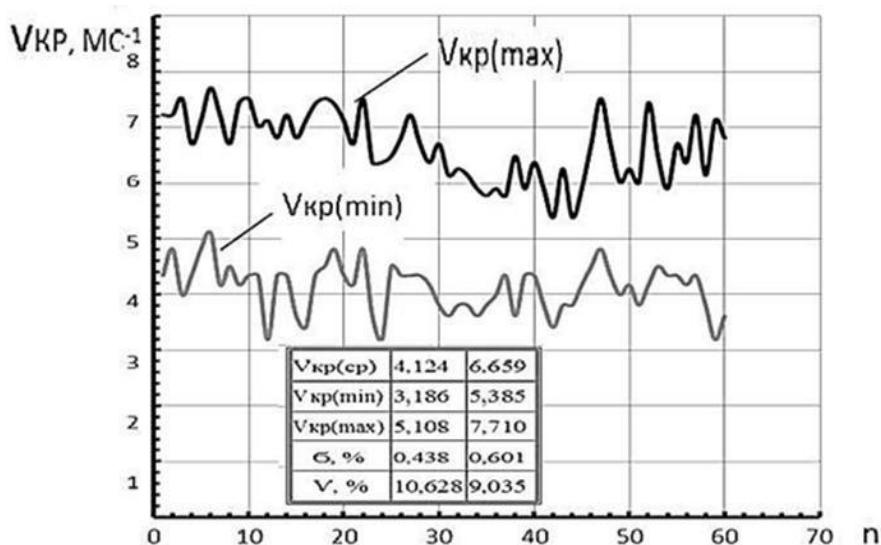


Рисунок 1.2 – Статистичні характеристики швидкостей витання повноцінного насіння соняшнику

Це вимагає коригування розрахунків по обґрунтуванню витрат повітря, робочого тиску в мережах пневмосистем і енергоємності технічних засобів.

На підставі наведених даних можна зробити висновок, що насіння соняшнику як об'єкт післязбиральної обробки мають яскраво виражені специфічні особливості фізико-механічних властивостей, що необхідно враховувати в якості передумов для вдосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки насіння соняшнику.

## **Травмування насіння соняшнику**

Під час післязбиральної обробки насіння соняшнику проходять через транспортне і технологічне обладнання, на якому піддаються механічній ударній дії, тертю.

Агрегати сільськогосподарського призначення за ступенем впливу на травмування насіння можна класифікувати [14, 15, 16]:

- зернозбиральні комбайни – 30...36 %;
- сушильні агрегати – 6,3...11,4 %;
- повітрярешітні машини – 2,71...5,4 %;
- транспортуючі механізми – 2,5...4 %;
- трієрні блоки – 0,32...2,33 %;
- пневмосортувальні машини – 0,17 %.

Представлені дані свідчать про те, що поліпшення конструктивних і технологічних параметрів робочих органів машин, експлуатуємих як окремо, так і у складі потокових ліній з переробки насіннєвого матеріалу є актуальною проблемою. Збільшення вимог, що пред'являються до посівних якостей насіння, при одночасному зростанні продуктивності насіннєочисних машин тягне за собою підвищення рівня механічних навантажень на обробляему культуру.

Модернізація існуючих потокових ліній з переробки насіннєвого матеріалу із збільшенням встановлених насіннєочисних потужностей за рахунок збільшення протяжності технологічних ліній призводить до збільшення травмування.

Травмування насіння чинить негативний вплив на зберігання і переробку соняшнику.

Дослідження показали, що в найбільшій мірі насіння соняшнику травмується на поворотах самопливних труб, в норіях, шнеках (максимально в шнеках), в зерноочисних машинах, які використовують відцентрові сили [17].

Таким чином, в схемах післязбиральної обробки соняшнику необхідно прагнути по можливості скорочувати кількість транспортних операцій, ліквідувати круті повороти в трубопроводах, пом'якшувати удари при завантаженні норій – подавати насіння по ходу норійної стрічки при її швидкості не більше 2м/с, встановлювати гасителі при скиданні з великої висоти, застосовувати насіннєочисні та зерноочисні машини, в робочих органах яких мінімально використовуються відцентровані сили, коливання та вібрації.

Пропонуються деякі напрямки шляхів зниження травмування насіння. Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розташування

зерноочисних машин, що забезпечує самостійне переміщення оброблюємого матеріалу. Це виключає використання проміжних норій, шнеків, транспортуючих пристроїв, які призводять до значного травмування насіння і руйнування їх плодової оболонки, та зменшує метало-енергоємність післязбиральної обробки соняшнику.

### **Технічні засоби та технології післязбиральної обробки соняшнику**

В умовах існуючих в господарствах зерноочисних машин і агрегатів слід дотримуватись поточної технології. Обов'язковим є проведення попереднього очищення соняшнику на шляху від завальної ями до машини первинного очищення соняшнику.

При розгляді технології післязбиральної обробки насіння соняшнику необхідно враховувати специфіку очищення насіння соняшнику промислового і насіннєвого призначення.

Для свіжозібраного соняшнику, за рідкісним винятком, рекомендовано не менше ніж дворазове очищення: первинне від великих і легких домішок і вторинне- від дрібного сміття.

Для очищення вороху соняшнику промислового призначення використовують зерноочисні агрегати ЗАВ-20, ЗАВ-25, ЗАВ-40, КЗ-25, КЗ-50, а також ворохоочисники ОВП-20А, ОВС-25. В окремих випадках використовують зерноочисно-сушильні комплекси КЗС-20, КЗС-40, КЗСК-25, але в господарствах південних регіонів України вони зустрічаються рідко [18, 19, 20, 21, 22].

Для сортування і калібрування насіння соняшнику насіннєвого призначення використовують крім названих агрегати ЗАР-5, КЗР-5, насіннеочистні приставки СПЛ-5 і СП-10 (СП-10А), насіннеочистні машини МС-4,5, СМ 4, пневмосортувальні столи ПСС-2,5, СПС-5 та ін., зерноочисні машини німецького підприємства "Петкус-Вута" і ін.

В Україні використовуються машини попереднього очищення МПО-50, СПО-50, комплексний барабанний сепаратор КБС «КМЗ», скальператор А1-532-01. Для первинного очищення використовують – ЗВС-20, РВ-БЦСМ

(продуктивністю 25, 50, 100 т/год). Для вторинного очищення використовують машини МС-4,5, універсальні зерноочисні машини МУЗ-8. Багатофункціональне очищення робляють аеродинамічними сепараторами МС-4/2, (10/5, 20/10, 40/20, 50/30). Крім того використовують зерноочисні машини ОЗЦ-25 (50, 100), сепаратори типу БСХМ.

В останні роки в господарствах знайшли широке застосування вібровідцентрові сепаратори БЦСМ і на їх базі ремкомплекти типу Р8-УЗКМ-25, Р8-УЗКМ-50 і ін. Вони успішно застосовуються для очищення зернових і ін. культур. Результати наших досліджень по використанню вібросепараторів для очищення насіння соняшнику свідчать про недоцільність їх застосування для післязбиральної обробки насіння соняшнику. Внаслідок використання відцентрових сил в сепараторах відбувається травмування, розколювання плодової оболонки насіння та залипання отворів решіт.

Рекомендується наступна технологія післязбиральної обробки насіння соняшнику промислового і насінневого призначення, яка представлена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Схема технологічна післязбиральної обробки насіння соняшнику

Для насіння промислового призначення достатні операції попередньої і

первинної очисток.

Доцільно олійну сировину соняшнику після завальної ями очищувати повітряно-решітними машинами і закладати на тимчасове зберігання.

Для насіннєвого фонду додатково необхідні вторинна очистка і пневмосортування.

Рекомендовані для очищення насіння машини комплектуються виходячи з продуктивності технологічної лінії.

Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розміщення очисних машин (рис 1.3), що забезпечує самопливне переміщення матеріалів та зменшення метало-енергоємності післязбиральної обробки соняшнику.

### **Результати виробничих досліджень та економічна ефективність переробки сміттєвих домішок**

Паливні матеріали рослинного походження (брикети, пелети) не так давно з'явилися на вітчизняному ринку твердого палива.

Лушпиння що залишаються в великих обсягах при виробництві соняшnikової олії, а також відходи після сепарації соняшнику, можуть бути перероблені в паливні матеріали, які можна використовувати в печах і котельних, для побутових і промислових застосувань.

При спалюванні брикетів досягається ККД близько 94%, а кількість золи не перевищує 3% від загального обсягу використовуємого палива. Утворені зольні залишки можуть використовуватися як відмінне добриво для ґрунту.

Відомо, що олійність відходів (сміттєвих домішок) після сепарації складає 15-18%. При переробці такої сировини можливо отримання технічної олії.

Аналізуючи стан дослідження пропонується провести орієнтовні економічні розрахунки стосовно подальшої переробки та використання сміттєвих домішок олійної сировини соняшнику на прикладі Мелітопольського олійноекстракційного заводу.

Дослідження проведено за умови використання існуючого на заводі форпресу МП-68. В результаті переробки однієї тони сміттєвих домішок було отримано 10 літрів технічної олії та 990 кг паливних матеріалів (черепашки).

## Вихідні дані для економічних розрахунків

$n$	– кількість робочих діб заводу у рік, доба/рік	250
	– добовий обсяг переробляємої сировини соняшнику, т/добу	400
	– математичне очікування сміттєвої домішки в олійної сировині соняшнику, %	7,285
	– математичне очікування технічної олії у сміттєвої домішки сировині соняшнику, %	1,0
	– ціна сміттєвих домішок, грн/т	800
	– ціна паливних матеріалів, грн/т	2000
	– ціна технічної олії, грн/т	16000

Для розрахунків економічної ефективності технології переробки сміттєвих домішок соняшнику було використано ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань» [23], відповідно якому було зроблено порівняння ціни продажу сміттєвих домішок з ціною паливних матеріалів та технічної олії, отриманих із сміттєвих домішок.

Так, прямі витрати для порівняльних технологій (вихідної та розроблюваної) визначаються за формулою

$$C_{mn} = Z_n + A_n + P_n + T_n + P_{cn} + Q_{жсп} + M_n + O, \quad (1.1)$$

де  $C_{mn}$  – прямі витрати на відокремлення сміттєвої домішки олійної сировини соняшнику за вибраною технологією, грн.;

$Z_n$  – заробітна плата робітників з нарахуваннями, грн.;

$A_n$  – амортизаційні відрахування, грн.;

$P_n$  – витрати на ремонт та технічне обслуговування, грн.;

$T_n$  – витрати на енергоносії, грн.;

$P_{cn}$  – страхові платежі, грн.;

$Q_{жсп}$  – витрати на забезпечення життєдіяльності працюючих, які зайняті на вирощування культури, грн.;

$M_n$  – витрати на основні та допоміжні матеріали, грн.;

$O$  – витрати на оренду землі, грн.

При розрахунку визначались:

1. Річна кількість сміттєвих домішок у вихідному матеріалі, т

$$N_{\text{сд}} = n \cdot \text{---} , \quad (1.2)$$

$$N_{\text{сд}} = \text{---}$$

2. Кількість технічної олії, т

$$N_{\text{то}} = N_{\text{сд}} \cdot \text{---} , \quad (1.3)$$

$$N_{\text{то}} = \text{---}$$

3. Загальний річний прибуток від впровадження технології переробки сміттєвих домішок олійної сировини соняшнику, грн

$$\Pi_p = N_{\text{сд}} ( \quad ) \quad , \quad (1.4)$$

$$\Pi_p = 7285 ( \quad )$$

При річному навантаженні технологічного обладнання Мелітопольського олійноекстракційного заводу у 250 діб з добовою переробкою олійної сировини соняшнику 400 т/добу можливо отримання річного прибутку від переробки сміттєвих домішок на паливні матеріали та технічну олію у розмірі грн, що підтверджує доцільність цього заходу.

### Висновки

1. Дослідження показали, що властивості насіння соняшнику за останні 25-30 років змінилися. Культивування ранньостиглих сортів і гібридів соняшнику з високою олійністю значно змінило склад насіння, що призвело до зниження стійкості насіння при зберіганні. Насіння соняшнику стали дрібніше, більш олійні і менш лушпинні.

Все це вплинуло на натуру, засміченість і швидкість витання олійної сировини соняшнику.

2. Отримані числові характеристики по натурі насіння соняшнику, дозволяють стверджувати, що якість олійної сировини соняшнику змінилося в порівнянні з відомим даними. Якісні



характеристики насіння соняшнику по натурі представлені такими статистичними даними: математичне очікування склало  $m = 385$  г/дм<sup>3</sup>; мінімальне і максимальне значення, відповідно –  $\min = 330$  г/дм<sup>3</sup>;  $\max = 426$  г/дм<sup>3</sup>; коефіцієнт варіації  $U = 22,98\%$ .

Це потребує змін у розрахунок продуктивності виробничого обладнання, обґрунтування ємностей відділень тимчасового прийому і зберігання насіння, розрахунок параметрів робочих органів технологічних ліній.

3. Аналізуючи склад олійної сировини соняшнику, можна зробити висновок, що математичне очікування по чистоті вихідного матеріалу становить – 92,715%.

З аналізу загальної кількості домішок (11,64%), що містяться в олійній сировині соняшнику, олійної домішки в матеріалі – 37,25%, крупної смітцевої домішки – 25,7%, проходу через сито  $\varnothing 3$ мм – 36,5%, легких домішок – 0,55%. Наявність великої кількості великих домішок в сировині вимагає установку в технологічній лінії машин попереднього очищення.

4. Критична швидкість витання повноцінного насіння соняшнику також змінилася і знаходиться в широкому діапазоні. Так, його мінімальне математичне очікування склало  $V_{\min} (\text{кр.нп. (ср)}) = 4,124 \text{ мс}^{-1}$ , а максимальне –  $V_{\max} (\text{кр.нп. (ср)}) = 6,659 \text{ мс}^{-1}$ .

Це вимагає коригування розрахунків по обґрунтуванню витрат повітря, робочого тиску в мережах пневмосистем і енергоємності технічних засобів.

5. Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розташування зерноочисних машин, що забезпечує самостійне переміщення обробляемого матеріалу. Це виключає використання проміжних норій, шнеків, транспортуючих пристроїв, які призводять до значного травмування насіння, руйнування їх плодової оболонки

та зменшення метало-енергоємності післязбиральної обробки соняшнику.

6. При річному навантаженні технологічного обладнання Мелітопольського олійноекстракційного заводу у 250 діб з добовою переробкою олійної сировини соняшнику 400 т/добу можливо отримання річного прибутку від переробки сміттєвих домішок на паливні матеріали та технічну олію у розмірі грн, що підтверджує доцільність цього заходу.

## **2 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПНЕВМОСЕПАРАТОРА**

### **Актуальність дослідження**

Технологія післязбиральної обробки зерна – це складна функціональна система, яка багатогранно впливає на якість насіння і залежить від їх фізико-механічних властивостей. Своєчасне та ефективне проведення післязбиральної обробки підвищує насіннєві і продовольчі якості зерна, а також зменшує його втрати .

Найважливішою складовою частиною післязбиральної обробки є очищення вороху від різних домішок. Зерна після його збирання являє собою суміш насіння основної культури, а також різних смітних домішок мінерального і органічного походження. Післязбиральне очищення зерна дозволяє виділити грубі, легкі домішки і бур'яни, які мають високу вологість, і тим самим поліпшити якість його обробки. Існуючі сепаратори не забезпечують виконання агротехнічних вимог до попереднього очищення зерна, що підтверджує актуальність дослідження.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності пневмосепарації в пневмосепаруючій камері пневморешітного сепаратора із замкненою повітряною системою.

### **Програма досліджень**

Провести патентний пошук за тематикою дослідження.

Розробити теоретичні передумови удосконалення технологічної схеми пневмосепаратора в зоні пневмосепаруючого пристрою.

Удосконалити технологічну схему пневмосепаратора.

Обґрунтувати методичні аспекти удосконалення лабораторної експериментальної установки.

### **Методика досліджень**

Методи дослідження – в даному дослідженні використовувалися методи аналізу, синтезу, порівняння та елементи аерогідродинаміки.

## Результати досліджень

Проведення патентного пошуку за тематикою дослідження Відомий відцентрово-пневматичний сепаратор [24], який складається з приймального бункера з механізмом завантаження зернового вороху, вентилятора з механізмом регулювання швидкості руху повітряного потоку, циліндричного сита, осадової камери для легких домішок з механізмом вивантаження, приймачів розділених фракцій. Сито має циліндричну поверхню з повздовжніми щілинами, які утворюють довгі канали, що розширюються проти напрямку руху оброблюваного матеріалу. До позитивних якостей сепаратора відноситься простота конструкції, відсутність коливальних елементів та наявність механізму регулювання швидкості руху повітряного потоку. Недоліком такого сепаратора є розімкненість повітряної системи, внаслідок чого пил потрапляє у навколишнє середовище та відсутній механізм очищення решета.

Відомий пневмосепаратор [25], який включає бункер, живильно-розподільний пристрій, пневмосепаруючий канал та осадову камеру, живильно-розподільний пристрій виконаний у вигляді нахиленого під кутом до горизонту решета, під яким встановлено направляючі поверхні, нижні кінці яких з'єднано з пневмосепаруючим каналом. Недоліком такого сепаратора є великий аеродинамічний опір, внаслідок чого підвищується енергоємність процесу пневмосепарації. Це обумовлено зміною напрямку повітря та втратами через вивантажувальний клапан.

Відома зерноочисна машина [26], яка включає пневмосепаруючий канал, живильник з направляючою решіткою, пристрій для подачі повітря під направляючу решітку, осадову камеру, яка з'єднана з виходом пневмосепаруючого каналу, вентилятор, аспіраційний канал, який з'єднує осадову камеру через вентилятор з пневмосепаруючим каналом, додаткову камеру з жалюзійною сіткою та розвантажувальним пристроєм, встановлений між аспіраційним та пневмосепаруючим каналами пилевивідний канал, який з'єднує додаткову та осадову камери,

повітряпідвідний канал, який з'єднує аспіраційний канал з додатковою камерою, яка має скатну площину під жалюзійною стінкою, розвантажувальний патрубок зернової суміші та пристрій для виводу легкої фракції, яке розміщено в нижній частині осадової камери. Розвантажний пристрій додаткової камери зроблено у вигляді приймачів, які розділені шарнірно встановленою перегородкою з закріпленої на її кінці розсувної площини, криволінійна робоча поверхня якої розташована до напрямку руху оброблюваних компонентів зернової суміші. Недоліком такого сепаратора є висока енергоємність процесу пневмосепарації, яка обумовлена зміною руху повітря та втратами в додатковій камері.

Відомий пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою [27], містить завантажувальний пристрій, горизонтальне циліндричне решето, пристрій виводу сходової фракції, перфорований лоток-інтенсифікатор та повітророздавальний канал з діаметральним вентилятором, пневмосепаруючу та осадову камери. Недоліком такого сепаратора є низька вирівнюність повітряного потоку, за рахунок вихроутворення в пневмосепаруючій камері.

Відомий повітряно-решітний сепаратор [28], який включає станину, бункер, розподільчі полки, решето, механізм приводу, канали для виведення очищеного зерна і дрібних домішок, осадову камеру, вхідний і доочищувальний пневмоканили, вентилятор, пристрій для виведення легких домішок. Він має високу ефективність виділення і осадження легких домішок повітряним потоком із зернового матеріалу, але у такого сепаратора є великий аеродинамічний опір, який виникає внаслідок зміни руху повітряного потоку.

Відомий пневматичний сепаратор сипких матеріалів [29], який включає пневмосепаруючий канал з боковим завантажувальним вікном та пристроєм у нижній частині для виводу очищеного матеріалу, вентилятор, всмоктуючий патрубок якого з'єднаний з пневмосепаруючим каналом через інерційний жалюзійний повітроочисник, який у свою чергу утворює з

зовнішньою стінкою вивідний канал, осадова камера з пристроєм для виводу легких домішок з'єднана через вивідний канал з верхнім виводом пневмосепаруючого каналу. Простота конструкції та низька металоємність є позитивними якостями пневматичного сепаратора. Недоліком такого сепаратора є вихроутворення в осадовій камері та низький коефіцієнт корисної дії (ККД), обумовлений розімкненістю повітряної системи.

Відомий барабанний зерновий скальператор [30], який включає корпус на стояках, привід, сепарувальний барабан, з'єднаний з одного торця з привідним валом на підшипниковій опорі, а з другого торця – барабан встановлений на опорні ролики. Використання циліндричного решета позитивно відображається на роботі машини, тому що відсутні коливальні рухи. Однак недоліком такого скальператора є низька ефективність очищення, обумовлена відсутністю очищення від дрібних домішок.

Відомий пневморешітний сепаратор зі замкненою повітряною системою [31], що містить діаметральний вентилятор, повітророздавальний канал, перфорований лоток-інтенсифікатор, горизонтальне циліндричне решето, завантажувальний пристрій, напрямні лопатки, пневмосепаруючу та осадову камери, пристрій виводу сходової фракції, всмоктуючий канал. Замкнена повітряна система, відсутність коливальних складових та низька металоємність є позитивними якостями сепаратора. Недоліком такого сепаратора є відсутність механізму, який регулює кут нахилу направляючих лопаток та напрямок повітряного потоку у пневмосепаруючій камері.

Таким чином тенденціями в розвитку повітряних зерноочисних машин є зменшення металоємності конструкції, заміна коливальних решіт на циліндричні, вирівнювання повітряного потоку, підвищення надійності машин та ефективності очищення.

Теоретичні передумови удосконалення технологічної схеми пневмосепаратора в зоні пневмосепаруючого пристрою

Зерноочисні машини, які використовуються для очищення зерна мають як правило комбіновану схему, повітряну та решітну очистки. Але

незадовільні показники якості їх роботи, які в виробничих умовах зменшуються до 35-15%, стримують продуктивність повітряного очищення та негативно впливають на якісні та кількісні показники решітної очистки [32].

Однією з головних причин погіршення ефективності повітряної сепарації при підвищенні питомого навантаження є нерівномірний перерозподіл швидкостей повітряного потоку в робочій зоні пневмосепаруючого каналу, що значно зменшує повноту розділення зернової суміші та збільшує виніс повноцінного зерна в відходи [33, 34].

Завихреність потоку можна знайти із рівняння Нав'є-Стокса, записаного в термінах завихреності [33]:

$$\bar{\nabla} \times \bar{\omega} = \frac{1}{\nu} (\bar{v} \times \bar{\omega} - \bar{\nabla} h_0), \quad (2.1)$$

де  $h_0 = \frac{p}{\rho_{\text{ср}}} + \frac{|\bar{v}|^2}{2}$  повний напір;

$p$ - відносний статичний тиск;

$\rho_{\text{ср}}$ - щільність середовища;

$|\bar{v}|$ - модуль швидкості;

$\nu$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Інтегральний аналог цього рівняння має вигляд [33].

$$\bar{\omega}(\xi) = -\frac{1}{2\pi} \left[ \frac{1}{\nu} \iint_R \frac{[\bar{v}(x) \times \bar{\omega}(x)] \times (\bar{r}(x) - \bar{r}(\xi))}{|\bar{r}(x) - \bar{r}(\xi)|^2} dR - \int_B \frac{\{h_0(x) / \nu \cdot \bar{n}(x) \times + \bar{\omega}(x) \cdot \bar{n}(x) - [\bar{\omega}(x) \times \bar{n}(x)] \times\} (\bar{r}(x) - \bar{r}(\xi))}{|\bar{r}(x) - \bar{r}(\xi)|^2} dB \right]. \quad (2.2)$$

Використанню пневмосепараторів у переробці зерна присвячено увагу в працях [35, 36], в яких представлені пневмосепаратори різних типів і конструкцій.

Наглядне уявлення про картину течії повітряного потоку всередині поворотного каналу дають експериментальні данні І.Е. Ідельчика [37]. Методика оцінки впливу нерівномірності розподілу швидкостей на ефективність роботи промислових агрегатів описано в роботі [38]. В роботі [39] зернова суміш надходить на направляючу решітку та під дією повітря, яке надходить з нижньої частини пневмосепаруючого каналу, у верхні горизонти слою повітряним потоком виносяться найлегші домішки, а в нижньому горизонті - повноцінне зерно. У складі середнього горизонту - домішки мінерального та органічного походження, щупле та дроблене зерно.

При роботі пневмосистеми [40] зерновий матеріал подається в пневмосепаруючий канал. Повітряним потоком з зернового матеріалу видаляються найбільш легкі домішки, які переносяться в осадочну камеру, де основна частина осаджується та виводиться назовні. Очищене зерно після пневмосепаруючого каналу надходить до решітчастого стану.

Знизити гідравлічні втрати поворотної ділянки та нерівномірність поля швидкостей повітряного потоку за ним можливо за допомогою лопаток, які повертають потік в напрямку внутрішньої стінки [41].

Направляючі лопатки можуть бути наступних типів (рис.2.1): профільовані; тонкі, вигнуті по дузі кола; тонкі концентричні [41].

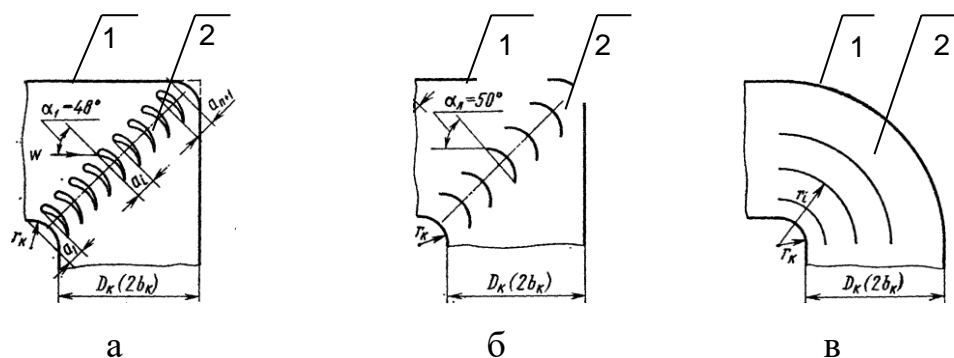


Рис. 2.1 – Схеми колін з направляючими лопатками:

1 – коліно; 2 – лопатки направляючі; а – профільовані; б – тонкі, вигнуті по дузі кола; в – тонкі концентричні.



На підставі проведеного аналізу пропонується удосконалення пневмосепаруючої камери шляхом встановлення направляючих лопаток, за допомогою яких можливо досягти оптимальних параметрів розподілу повітряного потоку та підвищити ефективність пневмосепарації.

#### Удосконалення технологічної схеми пневмосепаратора.

У пневмосепаруючій камері пневморешітного сепаратора із замкненою повітряною системою (рис.2.2) встановлюються направляючі лопатки, які розташовані зі змінним кроком в залежності від поля швидкостей та площина розташування яких перпендикулярна напрямку руху повітряного потоку.

Запропонований пневморешітний сепаратор зі замкненою повітряною системою містить встановлений під кутом  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  до горизонтальної площини діаметральний вентилятор 1, до вихідної горловини якого приєднано повітряроздавальний канал 3, який у верхній частині перекрито лотком-інтенсифікатором 8. Верхня стінка 4 повітряроздавального каналу 3 прилягає до початку лотка-інтенсифікатора 8 і кінця завантажувального пристрою бункера 10 із заслінкою 9. Нижня стінка 2 повітряроздавального каналу 3, що прилягає до циліндричного решета 7 з горизонтальною віссю обертання, виконана у вигляді жалюзійного повітрярозподільника 5. Стінка 6 розділяє повітряний потік між лотком-інтенсифікатором 8 та жалюзійним повітрярозподільником 5. Лоток-інтенсифікатор 8 має перфоровану поверхню, а жалюзійний повітрярозподільник 5 має можливість змінювати живий перетин та кут нахилу жалюзі. Для очищення зовнішньої поверхні циліндричного решета 7 встановлена очисна щітка 12 з горизонтальною віссю обертання. Простір зверху циліндричного решета 7 та очисної щітки 12, обмежений обичайкою 11, створює пневмосепаруючу камеру 13. Знизу циліндричного решета 7 та очисної щітки 12 встановлено клапан виводу фракції очищеного зерна 20 та клапан виводу крупних домішок 19. В пневмосепаруючій камері встановлено направляючі лопатки 21. Продовження пневмосепаруючої камери 13 повільно переходить у осадову

камеру 15, в нижній частині якої встановлено відбійну площину 17 та пристрій виводу легких домішок 16. В верхній частині осадової камери встановлено горловину 14 зворотного всмоктуючого каналу 18, з'єднаного з діаметральним вентилятором 1.

Робочий процес сепаратора здійснюється наступним чином.

Повітряний потік, створений діаметральним вентилятором 1, направляється до повітряроздавального каналу 3, де перерозподіляється до жалюзійного повітрярозподільника 5 та циліндричного решета 7, або до лотка-інтенсифікатора 8 стінкою 6. Зерновий ворох, що надійшов до лотка-інтенсифікатора 8, під дією повітряного потоку переводиться у псевдозріджений стан, за рахунок чого пил, солома, збоїна та деякі великі домішки, що мають значно більшу площу опору ніж повноцінне зерно, а також легкі і повітрявідокремлюючі домішки переміщуються у верхній шар, а повноцінне зерно і дрібні важкі домішки - в нижній. Великі домішки відокремлюються решетою 7, поверхня якого очищується щіткою 12. Зерно та дрібні важкі домішки просипаються крізь решето і виводяться із машини через клапан 20. Крупні домішки (солома, недомолочений колос, та інші) за рахунок обертання циліндричного решета переміщуються в зону щіткового очисника 12 і через клапан 19 виводяться з машини. Повітряний потік проходить крізь жалюзійний повітрярозподільник 5 та циліндричне решето 7, підхоплює легкі і повітрявідокремлюючі домішки, переміщуючи їх до пневмосепаруючої камери 13, де рівномірно розподіляється направляючими лопатками 21, а далі - у осадову камеру 15. Повітрявідокремлюючі домішки осаджуються у камері та виводяться з неї пристроєм 16. За рахунок зменшення робочого тиску повітряного потоку у осадовій камері 15, повітряний потік має умови перетворюватися на зворотній і надходить в зону горловини 14 всмоктуючого каналу 18, направляючи його до діаметрального вентилятора 1.

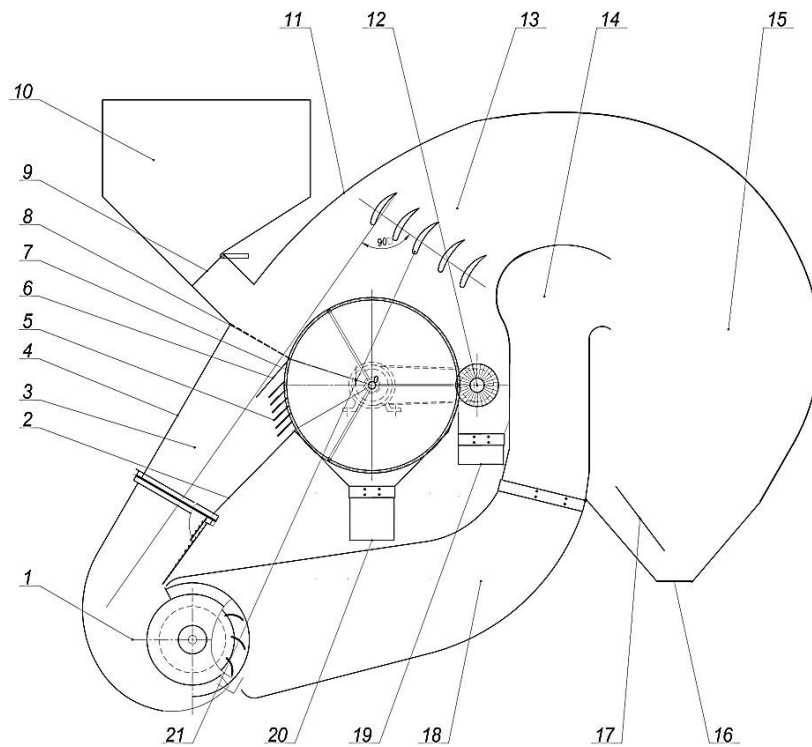


Рис. 2.2 – Схема технологічна пневморешітного сепаратора із замкнутою повітряною системою

1 – діаметральний вентилятор; 2 – нижня стінка; 3 – повітророздавальний канал; 4 – верхня стінка; 5 – жалюзійний повітророзподільник; 6 – середня стінка повітророздавального каналу; 7 – циліндричне решето; 8 – лоток-інтенсифікатор; 9 – заслінка; 10 – бункер; 11 – корпус; 12 – очисна щітка; 13 – пневмосепаруюча камера; 14 – горловина всмоктуючого каналу; 15 – осадова камера; 16 – пристрій для виводу легких домішок; 17 – відбійна площина; 18 – всмоктуючий канал; 19, 20 – клапани; 21 – направляючі лопатки.

Для вирівнювання поля швидкостей і зниження опору необхідно перш за все знищити вихрові області. Очевидно, що найбільший ефект виходить при установці лопаток у зоні найбільшого вихороутворення, тому число лопаток у місцях рівномірного розподілу поля швидкостей можна зменшити.

При правильному виборі геометрії, числа та кута встановлення лопаток можливо попередити відрив потоку від стінки та появу вихорів у пневмосепаруючій камері.

Встановленням направляючих лопаток у пневмосепаруючу камеру можливо досягти максимальної вирівняності поля швидкостей, зменшення

вихроутворення та найбільшої рівномірності розподілу по перетину пневмосепаруючої камери повітряного потоку.

### Методичні аспекти удосконалення лабораторної експериментальної установки

Одним з важливих факторів проведення експерименту є подача зернового матеріалу. Тому розроблено технічне креслення загрузочного пристрою машини попереднього очищення зерна з можливістю змінювати розмір вхідного вікна, тим самим змінюючи подачу зернового матеріалу. Загрузочний пристрій розроблений таким чином, щоб максимальна висота відкриття заслінки була 180 мм. Передбачено встановлення сектору управління, який відображає величину зазору вхідного вікна.

Заслінка приводиться в дію при докладанні сили на важіль, який шарнірно з'єднаний зі нерухомою станиною та двохарнірною ланкою. Двошарнірна ланка в свою чергу приводить у рух заслінку. Положення важеля відображається на секторі управління відповідно до розміру вхідного вікна.

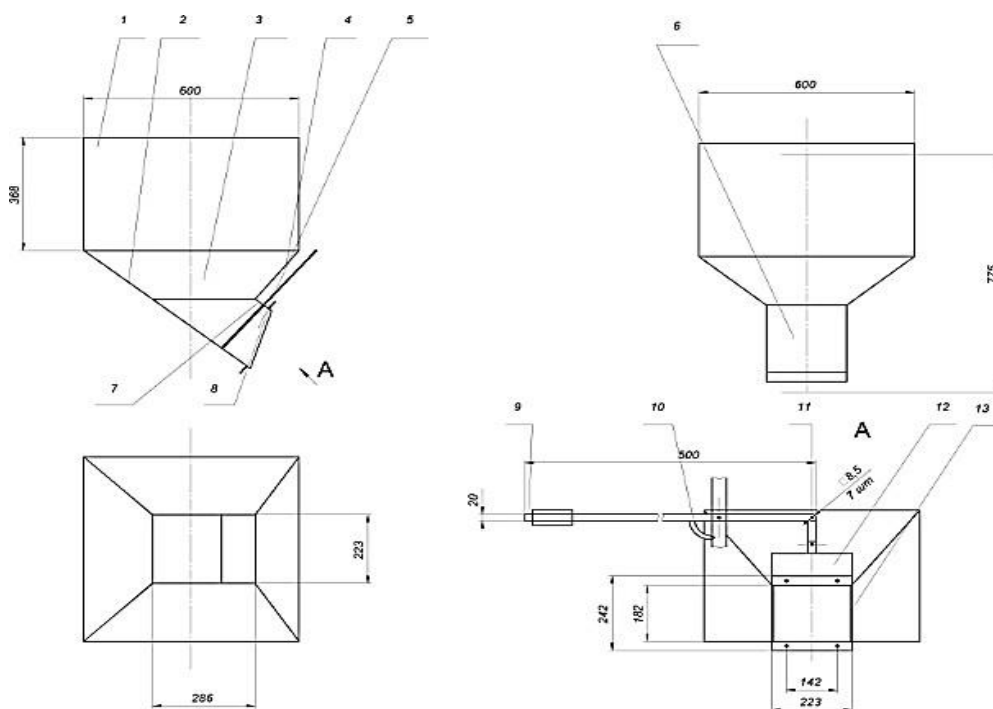


Рис. 2.3 – Конструктивна схема загрузочного пристрою машини попереднього очищення зерна

1 – боковина; 2 – укіс бункера лівий; 3 – укіс бункера правий; 4 – укіс бункера передній (задній); 5 – боковина камери заслінки передня (задня); 6 – боковина камери заслінки нижня; 7 – боковина камери заслінки верхня; 8 – боковина камери заслінки верхня фланцева; 9 – важіль; 10 – сектор управління; 11 – ланка двошарнірна; 12 – заслінка; 13 – направляючий кут.

Розроблений загрузочний пристрій дозволяє вирішити питання регулювання подачі зернового матеріалу для отримання оптимального режиму роботи пневморешітного сепаратора.

## **ВИСНОВКИ**

1. Тенденціями в розвитку повітряних зерноочисних машин є зменшення металоємності конструкції, заміна коливальних решіт на циліндричні, вирівнювання повітряного потоку, підвищення надійності машин та ефективності очищення.

2. Завихреність повітряного потоку негативно впливає на процес пневмосепарації, зменшує повноту розділення зернової суміші та збільшує кількість повноцінного зерна у відходах.

3. Встановлення в пневмосепаруючу камеру машини попереднього очищення зерна направляючих лопаток дозволить вирівняти поле швидкостей та підвищити ефективність пневмосепарації.

4. Розроблені методичні аспекти удосконалення лабораторної експериментальної установки, які дають можливість змінювати розмір вхідного вікна в загрузочну камеру та регулювати подачу зернового матеріалу.

### **3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ВОРОХООЧИСНИКА В ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ**

#### **Актуальність теми дослідження**

В Україні зерновиробництво є провідною галуззю сільського господарства, при цьому його технічне оснащення знаходиться на низькому рівні, і в першу чергу це стосується зернозбиральної техніки. За чверть століття парк зернозбиральних комбайнів України скоротився майже в три рази, а посівні площі під зерновими збільшилися.

Це призвело до значного росту сезонного навантаження на один комбайн, і як наслідок до порушення агротехнічних строків збирання, що викликає збільшення втрат і зниження якості зерна. Усунути ці недоліки, як довів засновник мелітопольської школи технології обчисування рослин на корені проф. Шабанов П. А. дозволяє стаціонарна технологія, в основі якої лежить даний метод. Однак впровадження цієї технології стримується відсутністю технічних засобів сепарації обчисаного вороху.

Такий стан речей створює народногосподарську проблему, сутність якої полягає в низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічного процесу сепарації обчисаного вороху зернових колосових існуючими технічними засобами.

Розв'язання цієї проблеми полягає в використанні робочого органу для сепарації обчисаного вороху пшениці, що дозволить підвищити ефективність сепарації.

#### **Мета дослідження**

Провести дослідження експериментального робочого органу ворохоочисника в виробничих умовах.

#### **Програма досліджень**

Провести дослідження експериментального робочого органу ворохоочисника в виробничих умовах.

### **Методика експериментальних досліджень ворохоочисника з експериментальним робочим органом.**

Для проведення досліджень в польових умовах був використаний серійно виготовляємий самопересувний очисник вороху (рис. 3.1). Як відомо [44] ця машина має верхній і нижній решітні стани, які працюють паралельно. Приймальна камера розділяє поступаючий матеріал на дві рівні частини, кожна з котрої потрапляє на решітний стан. В решітний стан серійної машини вставлені рамки з решетами Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, В і Г.



Рис. 3.1. – Загальний вид ворохоочисника

Для проведення виробничої перевірки замість заводських решіт Б<sub>1</sub> и Б<sub>2</sub> були встановлені два експериментальних робочих органи. Перше решето виконане у вигляді суцільної оцинкованої поверхні без отворів, а друге решето має отвори діаметром 25 мм (рис. 3.2) [42].

З ціллю забезпечення виконання технологічного процесу верхня скатна дошка була демонтована. Аналогічні операції були проведені і з другим решітним станом.

Робочий процес ворохоочисника з експериментальним робочим органом протікав наступним чином. Скребкові живильники 1 подавали обчісаний зерновий ворох до похилого транспортеру 2 (рис. 3.3.), який завантажував приймальну камеру.





Рис. 3.2 – Експериментальний робочий орган: 1 – суцільне решето (сегрегатор)  
2 – решето з отворами



Рис. 3.3 – Процес завантаження вихідного матеріалу



Рис. 3.4. – Загальний вид експериментальних робочих органів встановлених до ворохоочиснику



Рис. 3.5 – Вихідний матеріал

Шнек розподілював ворох по ширині приймальної камери, потім живильні валики подавали ворох в повітряні канали, де повітряний потік видаляв легкі домішки.

Обчісаний ворох поступав на суцільне решето 1, виконуюче роль сегрегатору (рис. 3.2). Зерно через простори між соломинами концентрувалось в нижній частині сегрегатору. В той же час зерносоломиста суміш пересувалась вниз до решета 2. Решето 2 виконувало роль розподільника, розділяючого сегрегований потік обчісаного вороху на два потоки. Проходом йшла зернова фракція разом з мілкими домішками, котрі в результаті сегрегації концентрувались знизу потоку, а сходом йшли крупні



соломисті домішки з обірваними колоссями. Сходова фракція виводилась із машини, а проходова поступала на решета В и Г, на котрих проходом йшли мілкі домішки, а сходом очищене зерно.

При виробничих іспитах ворохоочисник з експериментальними робочими органами виконували обробку штучно приготованого вороху ярого ячменю сорту «Прерія» (рис. 3.5).

Методика проведення виробничої перевірки роботи ворохоочисника з експериментальними робочими органами наступна.

З бурту відбиралася партія вороху і укладалася перед скребковим живильником ворохоочисника (рис. 3.3). Машина включалася в роботу і починала виконувати технологічний процес сепарації вороху. Через 3 хв. роботи, коли робочий процес стабілізувався синхронно встановлювалися пробовідбірники для відбору очищеного зерна і відходів, при цьому час відбору проб складав 3 сек. Пробовідбірник з очищеним зерном і пробовідбірник з відходами зважувалися на платформних вагах ВНЦ-50. Дані заносилися в журнал первинної інформації. Після зважування пробовідбірників зі зерном і відходами з них відбирали проби для подальшого розбору в лабораторії. Потім пробовідбірники висипалися і машину знову готували для проведення чергової повторності експериментів, при цьому загальний обсяг вибірки склав 20 повторностей. Вся отримана інформація аналізувалася і в кінцевому підсумку були визначені значення статистичних характеристик продуктивності ворохоочисника з експериментальними робочими органами на обробці обчисаного вороху ярого ячменю, а також показників якості роботи - коефіцієнта сепарації і коефіцієнта ефективності виділення домішок.

### **Результати експериментальних досліджень**

Згідно з програмою проведення виробничої перевірки були отримані числові характеристики якісних і кількісних показників роботи ворохоочисника з експериментальним робочим органом.

Були визначені статистичні характеристики продуктивності, коефіцієнта сепарації і коефіцієнта ефективності виділення домішок. Статистичні характеристики продуктивності ворохоочисника на обробці обчисаного вороху ячменю приведені на діаграмі (рис.3.6).

Як бачимо з діаграми, середнє значення продуктивності складає 6,04 кг/с, що відповідає 21,74 т/г. Середньоквадратичне відхилення складає 0,416, а коефіцієнт варіації 6,9%.

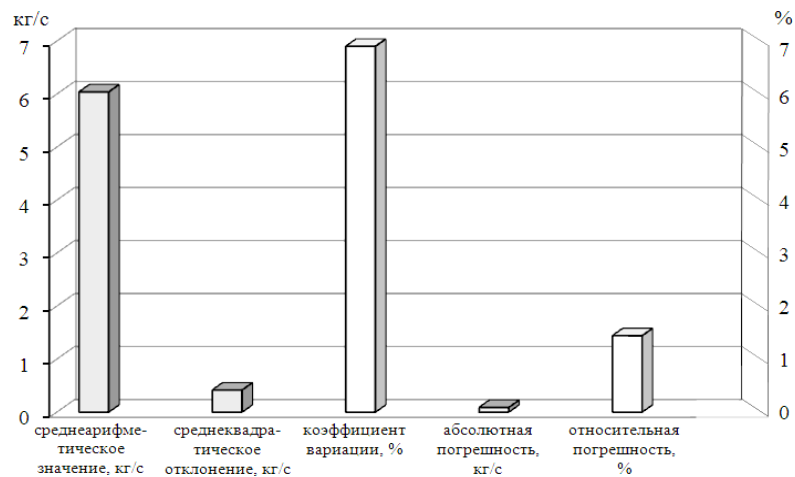


Рис. 3.6 – Статистичні характеристики продуктивності ворохоочисника з експериментальним робочим органом.

Розрахунок абсолютної і відносної похибки визначення середньоарифметичних значень показав, що абсолютна похибка дорівнює 0,087 кг / с, а відносна 1,44%, тобто середньоарифметичне значення визначено з достатньою точністю.

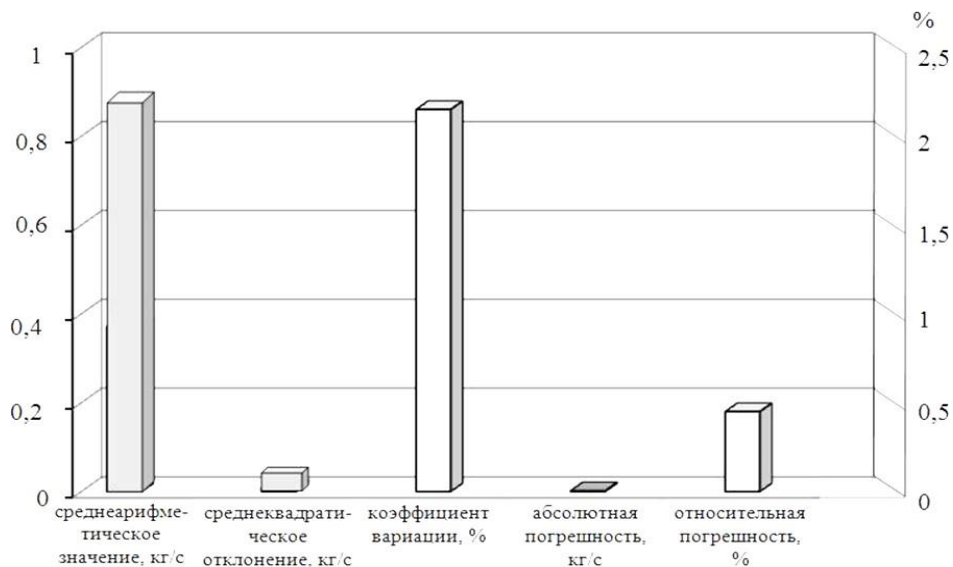


Рис. 3.7 – Статистичні характеристики коефіцієнта сепарації.

Критеріями якості роботи ворохоочисника являються коефіцієнт сепарації і коефіцієнт ефективності виділення домішок. Статистичні характеристики цих проказників були визначені та приведені на діаграмах (рис.3.7 і 3.8).

Приведені діаграми демонструють, що ворохоочисник з експериментальним робочим органом достатньо якісно виконує технологічний процес сепарації обчисаного вороху .Так, середнє значення коефіцієнта сепарації складає 0,83, а коефіцієнта ефективності виділення домішок 0,86. Це достатньо високі показники якості роботи ворохоочисника.

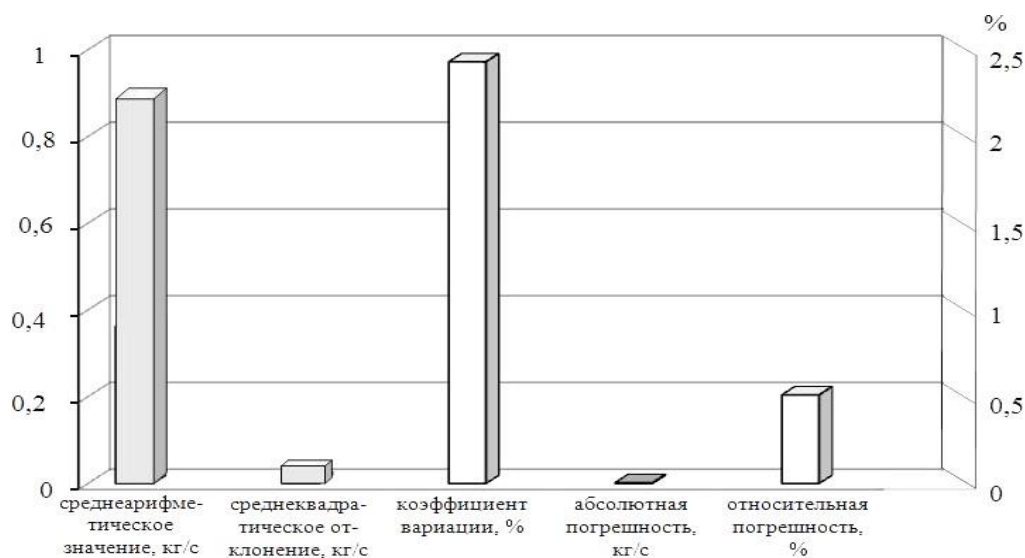


Рис. 3.8 – Статистичні характеристики коефіцієнта ефективності виділення домішок



Рис. 3.9 – Зерновий ворох після сепарації обчисаного ворохоу ворохоочисником з експериментальними решітами

В польових умовах ворохоочисник зі експериментальним робочим органом показав позитивні результати по продуктивності і по якісним характеристикам (рис. 3.8).

Для повної картини продуктивної перевірки ворохоочисника представлена в таблиці (табл. 3.1.)

Таблиця 3.1

Результати виробничої перевірки ворохоочисника з експериментальними робочими органами

Показники роботи ворохоочисника	Статистичні характеристики				
	Середньоарифметичне значення, кг/с	Середньоквадратичне відхилення, кг/с	Коефіцієнт варіації, %	Абсолютна похибка, кг/с	Відносна похибка, %
Продуктивність, кг/с	6,04	0,416	6,9	0,087	1,44
Коефіцієнт сепарації	0,93	0,02	2,15	0,0042	0,45
Коефіцієнт ефективності виділення домішок	0,906	0,022	2,43	0,0046	0,51

Розрахунок техніко-економічної ефективності виконувався згідно Національного стандарту України «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування» ДСТУ 4397-2005 [23]. При розрахунках порівнювався модернізований ворохоочисник зі експериментальним сепаруючим органом і серійно виробляємий ворохоочисник.

Відповідно до формули запропонованої проф. Кожуховським І. Е. [43] визначалась питома продуктивність решета

$$q_F = q_{F1}(2,1 - 0,035b - 0,06w + 0,001bw), \quad (3.1)$$

де  $b$  – засміченість вихідного матеріалу %;

$w$  – вологість;

$q_{F1}$  – питома продуктивність решета в кг (год·дм<sup>2</sup>) при  $b = 10\%$  и  $w = 15\%$ ;

$q_F$  – питома продуктивність решета в кг (год·дм<sup>2</sup>)

Після підстановки вихідних даних фракційного складу обчисаного вороху і перекладу питомої продуктивності в кг (год·дм<sup>2</sup>), в продуктивність машини, що виражається в т/год, було отримано, що розрахункова продуктивність серійного ворохоочисника при сепарації обчисаного вороху зернових становить 15,5т/год. Таким чином, порівнювався експериментальний ворохоочисник з продуктивністю 21,7 т/год і серійний ворохоочисник з розрахунковою продуктивністю 15,5 т/год. Результати розрахунків техніко-економічних показників наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Техніко - економічні показники нової та базової машини

№	Найменування техніко – економічних показників	Розмірність	Значення техніко-економічних показників	
			нової машини	базової машини
1	Прямі експлуатаційні затрати	грн./т	10,53	14,55
	– затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу	грн./т	1,24	1,73
	– затрати на електроенергію	грн./т	0,54	0,75
2	– затрати на капітальний і поточний ремонт	грн./т	2,63	3,68
	– затрати на амортизацію	грн./т	2,19	3,07
	– затрати на монтаж, зберігання і страхування	грн./т	3,93	5,27
3	Сумарні затрати на одиницю вироблення	грн./т	13,16	18,18
4	Річний економічний ефект	грн.	–	56645
5	Річний прибуток від експлуатації модернізованої машини	грн.	–	44797,5
6	Строк окупності	років	–	0,54

## **Висновки**

В результаті виробничої перевірки ворохоочисника, оснащеного експериментальними робочими органами встановлено, що середнє значення продуктивності становить 6,04 кг/с, що відповідає 21,7 т/год, при цьому математичне сподівання коефіцієнта сепарації 0,83, а коефіцієнт ефективності виділення домішок 0,86. Це дозволяє отримати економічний ефект від впровадження даного робочого органу в розмірі 56645 грн. в рік, при терміні окупності додаткових капіталовкладень 0,54 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Дослідження показали, що властивості насіння соняшнику за останні 25-30 років змінилися. Культивування ранньостиглих сортів і гібридів соняшнику з високою олійністю значно змінило склад насіння, що призвело до зниження стійкості насіння при зберіганні. Насіння соняшнику стали дрібніше, більш олійні і менш лушпинні.

Все це вплинуло на натуру, засміченість і швидкість витання олійної сировини соняшнику.

2. Отримані числові характеристики по натурі насіння соняшнику, дозволяють стверджувати, що якість олійної сировини соняшнику змінилося в порівнянні з відомим даними. Якісні характеристики насіння соняшнику по натурі представлені такими статистичними даними: математичне очікування склало  $m = 385 \text{ г/дм}^3$ ; мінімальне і максимальне значення, відповідно –  $\min = 330 \text{ г/дм}^3$ ;  $\max = 426 \text{ г/дм}^3$ ; коефіцієнт варіації  $U = 22,98\%$ .

Це потребує змін у розрахунок продуктивності виробничого обладнання, обґрунтування ємностей відділень тимчасового прийому і зберігання насіння, розрахунок параметрів робочих органів технологічних ліній.

3. Аналізуючи склад олійної сировини соняшнику, можна зробити висновок, що математичне очікування по чистоті вихідного матеріалу становить –  $92,715\%$ .

З аналізу загальної кількості домішок (11,64%), що містяться в насінні соняшнику, олійної домішки в матеріалі –  $37,25\%$ , крупної смітцевої домішки –  $25,7\%$ , проходу через сито  $\text{Ø}3\text{мм} = 36,5\%$ , легких домішок –  $0,55\%$ . Наявність великої кількості великих домішок в сировині вимагає установку в технологічній лінії машин попереднього очищення.

4. Критична швидкість витання повноцінного насіння соняшнику також змінилася і знаходиться в широкому діапазоні. Так, його мінімальне

математичне очікування склало  $V_{\min (\text{кр.нп. (ср)})} = 4,124 \text{ мс}^{-1}$ , а максимальне –  $V_{\max (\text{кр.нп. (ср)})} = 6,659 \text{ мс}^{-1}$ .

Це вимагає коригування розрахунків по обґрунтуванню витрат повітря, робочого тиску в мережі і енергоємності технічних засобів.

5. Найбільш раціональним слід вважати ярусно-каскадне розташування зерноочисних машин, що забезпечує самостійне переміщення обробляемого матеріалу. Це виключає використання проміжних норій, шнеків, транспортуючих пристроїв, які призводять до значного травмування насіння, руйнування їх плодової оболонки та зменшення метало-енергоємності післязбиральної обробки соняшнику.

6. При річному навантаженні технологічного обладнання Мелітопольського олійноекстракційного заводу у 250 діб з добовою переробкою олійної сировини соняшнику 400 т/добу можливо отримання річного прибутку від переробки сміттєвих домішок на паливні матеріали та технічну олію у розмірі        грн, що підтверджує доцільність цього заходу.

7. Тенденціями в розвитку повітряних зерноочисних машин є: зменшення металоємності конструкції, заміна коливальних решіт на циліндричні, вирівнювання повітряного потоку, підвищення надійності машин та ефективності очищення.

8. Завихреність повітряного потоку негативно впливає на процес пневмосепарації, зменшує повноту розділення зернової суміші та збільшує кількість повноцінного зерна у відходах. Встановлення в пневмосепаруючу камеру машини для попереднього очищення зерна направляючих лопаток дозволить вирівняти поле швидкостей та підвищити ефективність пневмосепарації.

10. Розроблені методичні аспекти удосконалення лабораторної експериментальної установки, які дають можливість змінювати розмір вхідного вікна в загрузочну камеру та регулювати подачу зернового матеріалу.



11. В результаті виробничої перевірки ворохоочисника, оснащеного експериментальними робочими органами встановлено, що середнє значення продуктивності становить 6,04 кг/с, що відповідає 21,7 т/год, при цьому математичне сподівання коефіцієнта сепарації одно 0,93, а коефіцієнт ефективності виділення домішок 0,906, що дозволяє отримати економічний ефект від впровадження даного робочого органу в розмірі 56645 грн. в рік, при цьому термін окупності додаткових капіталовкладень склав 0,54.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлов Є.В. Аспекти методики визначення параметрів повітряного потоку в пневмосистемі машини попереднього очищення зерна /Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, М.П. Кольцов// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. Вип. 11, т. 1. – с.242-250.
2. Михайлов Є.В.. Аналіз пневматичних систем зерноочисних машин та удосконалення їх класифікації /Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Задосна Н.О., Д.В. Сердюк// Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.12.т.5.: - Мелітополь: ТДАТУ, 2012.- с. 50...61.
3. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови. – Вид. офіц. – К. :Держспоживстандарт України, 2007. – III, 12 с. – (Національний стандарт України).
4. ОСТ 70.10.2-83. Зерноочистительные машины, агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний. – М., 1984 – 172 с.
5. Чижиков А.Г. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна (в Нечерноземной зоне) /А.Г. Чижиков, В.Д. Бабченко, Е.А. Машков// – М.: Россельхозиздат, 1981. – 192 с.
6. Шафоростов В.Д. Моделирование процесса сепарирования семян подсолнечника в вертикальном пневмоканале ветро-решетных зерноочистительных машин /В. Д. Шафоростов, И.Е. Припоров // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – Краснодар, 2011.– Вып. 1, С. 146-147.
7. Макаров П.И. Механизация послеуборочной обработки зерна / П.И.Макаров, Г.С. Юнусов, И.И. Казанков, С.И. Казанков, Г.В. Богданов, Х.С. Гайнанов, Н.Ф.Маслова // – Йошкар-Ола: МарГУ, 2007. – 284 с.

8. Перепелкин М.А. Разработка и исследование сепаратора роторно-воздушного типа для очистки вороха подсолнечника:

автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – М, 2009. – 21 с.

9. Буряков, Ю.П. Индустриальная технология подсолнечника/ Ю.П. Буряков. М.: Высшая школа, 1983. - 192 с.

10. Михайлов Е.В. Свойства семян подсолнечника и показатели качества масличного сырья, поступающего на Мелитопольский маслоэкстракционный завод./ Є.В. Михайлов, Н.А.Задосная// Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Вип.13.т.3: - Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – с. 118...123

11. Михайлов Є.В., Задосна Н.О. Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику/ Є.В. Михайлов, Н.О. Задосна// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2015. – Вип. 15, т. 4. – С. 28-38.

12. Задосна, Н.О. Аеродинамічні властивості складових олійної сировини соняшнику /Н.О. Задосна// Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції (м. Мелітополь, 7-14 квітня 2015 р.) /ТДАТУ. - Мелітополь : ТДАТУ, 2015. - Т. 4: Технічні науки, ч. 2. - С. 53-55.

13. Михайлов Е. В., Задосная Н.А. Аспекты обоснования параметров и режимов работы пневмосепаратора масличного сырья подсолнечника / Е.В. Михайлов, Н. А. Задосная // MOTROL Commission of Motorization and Power industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, –Volume 17, № 9. –2015, – р. 43 – 49.

14. Фадеев Л. В. Щадящая технология подготовки семян - путь повышения урожайности /Л.В. Фадеев// Агрехимия, агротехника, агротехнологии. – 2012. – № 1. – с. 28-31.

15. Травмирование семян /Режим доступа: <http://www.agrocounsel.ru/travmirovanie-semyan>

16. Гимадиев А. М. Травмирование семян / А.М. Гимадиев // Режим доступа: <http://www.agro-inform.ru/2010/06/travm.htm>

17. Михайлов Є. В., Кольцов М.П. Травмування насіння зернових культур в процесі післязбиральної обробки та шляхи його зменшення / Є.В. Михайлов, М.П. Кольцов// Праці ТДАТУ. Вип.13.т.3: - Мелітополь: ТДАТУ, 2013. - С 139-145.

18. Михайлов Є. В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України /Є. В. Михайлов //Мелітополь: Люкс. 2012. - 214 с. (монографія)

19. Михайлов Е.В. Обоснование параметров технологических процессов послеуборочной обработки зерна с использованием имитационного моделирования / Е. В. Михайлов, А. А. Белокопытов, Н. А. Задосная // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2013. – Кн. 2. - Вип.17 (31). – С. 68-75.

20. Михайлов Є.В. Рекомендації щодо обґрунтування комплексу технічних засобів післязбиральної обробки зерна в умовах Півдня України /Є. Михайлов, Є. Сербій, Н. Задосна, М. Рубцов // Науковий журнал «Техніка і технології АПК» - № 5(80), Київ, 2016. – С. 28-30.

21. Михайлов Є.В., Задосна Н.О., Мордарьов П.С. Показники роботи підприємств олійно-переробної галузі Запорозької області і напрямки підвищення її ефективності. / Є.В. Михайлов, Н.О. Задосна, П.С. Мордарьов// Вісник Сумського національного аграрного університету. - Суми, 2016. – Вип.10, т. 2. – С. 118 - 122.

22. Михайлов Є.В., Задосна Н.О. Шляхи інтенсифікації процесу попередньої очистки зерна та олійної сировини соняшнику./ Є.В. Михайлов, Н.О. Задосна// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2015. - Вип. 5, т. 2. – С. 41-49.

23. ДСТУ 4397: 2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробувань» К.: Соцінформ, 2005. – 6 с.

24. Пат. № 91632 U Україна, МПК В07В 4/08. Відцентрово-пневматичний сепаратор / П.Г. Лузан, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов, О.Р. Лузан, В.А. Прохвятилов.- № u 2014 01574; заявл. 17.02.2014; опубл. 10.07.2014, Бюл. № 13.

25. Пат. № 46051 U Україна, МПК В02В1/00. Повітряний сепаратор / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, О.В. Нестеренко.- № u200905502; заявл. 01.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл.№ 23.

26. Пат. № 2279932 РФ, МПК В7В4/02. Зерноочистительная машина / В.Е. Сайтов.- № 2005100114/03; заявл.11.01.2005; опубл. 20.07.2006, Бюл. №20.

27. Пат. № 78533 U Україна, МПК В07В1/28. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою / Є.В. Михайлов, Д.Д. Сергєєв, Є.В. Плахотін, О.О. Білокопитов.- № u 2012 09994; заявл. 20.08.2012; опубл. 25.03.2013; Бюл. № 6.

28. Пат. № 96672 U Україна, МПК В07В 9/00. Повітряно-решітний сепаратор/ С.П. Степаненко, В.О. Швидя.- № u 2014 10017; заявл. 12.09.2014; опубл. 10.02.2015, Бюл.№ 3.

29. Пат. №2525557 РФ МПК В07В4/00, Пневматический сепаратор сыпучих материалов / В.Е. Сайтов, В.Г. Фарафонов, О.М. Суворов, О.В. Сайтов.- № 2013109664/03; заявл.16.06.2014; опубл. 20.08.2014, Бюл. № 23.

30. Пат. № 84960 U Україна, МПК В07В1/28. Барабанный зерновой скальператор / Л.М. Тіщенко, А.В. Міняйло, Р.В. Рідний, С.А. Богданович.- № u 2013 04252; заявл. 05.04.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.

31. Пат. № 116021 U Україна, МПК В07В1/28. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою / Є.В. Михайлов, Н.О. Задосна, О.О. Афанасьєв// № u2016 09901; заявл.26.09.2016; опубл. 10.05.2017, Бюл.№ 9.

32. Подоляко В.И. Исследование процесса пневмокласификации зерна как основы технологической настройки пневмосепарирующих устройств зерноочистительных машин. Дис. канд. техн.наук, Новосибирск, 1981. -20 с.

33. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях. В.В.Гортинский, А.Б.Демский, М.А.Борискин, – М., Колос. 1980 г.– С. 103-140.
34. Малис А.Я., Демидов А.Р. Машины для очистки зерна воздушным потоком. А.Я.Малис,А.Р. Демидов.- М., Машгиз, 1962, 176 с.
35. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / Є.В.Михайлов.- Мелітополь: Люкс. 2012. - 260с.
36. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А.И. Нелюбов, Е.Ф. Ветров.- М., «Машиностроение», 1977, 192 с.
37. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик; под ред. к.т.н. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
38. Идельчик И.Е. Методы оценки влияния степени неравномерности распределения скоростей потока на эффективность работы промышленных аппаратов / И.Е. Идельчик // Теплоэнергетика. – 1962. – № 5. – С. 73-76.
39. Зерноочистительная машина. Номер публикации патента: 2279932 С1 Сайтов В.Е. Заявка: 2005100114/03, 11.01.2005 Опубликовано: 20.07.2006 Бюл.№20 В07В 4/02 (2006.01) А01F 12/44 (2006.01)
40. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И.Бурков, Н.П. Сычугов. - Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. - 258 с.
41. Идельчик И.Е. Направляющие лопатки в коленах аэродинамических труб / И.Е. Идельчик // Технические заметки ЦАГИ. – 1936. – №133. – С. 25.
42. Пат. № 93931. U Україна, МПК В07В1/28. (2006.01) Очисник обчисаного вороху /І.О. Леженкін // № u201403942; заяв. 14.02.2014; опубл. 27.10.2014, Бюл. №20.
43. Кожуховский И.Е. Зерноочистительные машины. Конструкции, расчет и проектирование /И.Е. Кожуховский – 2 изд. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.